南 植 物 研 究 4(4):393—398, 1982
Acta Botanica Yunnanica

冬小麦对不同海拔气候条件的反应

Ⅰ. 叶片特征和产量构成因素的比较

李存信 张 禾 林德辉 仉 文
(中国科学院昆明植物研究所)

提 要

对海拔2150米(高地)和480米(低地)种植的冬小麦"风麦13"的叶片持续时间,单叶面积,每株总叶面积,光合作用强度和产量构成因素作了比较。结果表明高地小麦和低地的相比,叶片持续时间更长,单叶面积和每株总叶面积较小,光合作用强度前期较低,生育中期相差不大,灌浆后明显地较高。千粒重高地小麦较高,而每穗粒数则比低地的少。从光合作用产量的角度讨论了产量构成因素的差异,并提出增加高地小麦穗粒数的意见。

小麦的种植地区有很不同的生境,而各地平均单产也很悬殊,六十年代初,上海植物生理研究所曾组织人力对上海、河南和青海等地小麦生产作过一些研究[1];路季梅和俞炳杲[2]也对上海、昌都和拉萨地区的小麦作了比较,都指出了高海拔的生境特别有利于小麦生产。近年来我国小麦在高海拔地区连续创高产记录, 如青海香日德农场春小麦1978年在3.91亩上得到2026.1斤/亩,诺水洪农场79年在15.03亩上得到1918斤/亩的产量("人民日报"1979年12月13日第一版);1977年云南丽江冬小麦得到平均1659.0斤/亩[9],因而使人感到高海拔的气候条件特别适于小麦生产。

为了系统了解冬小麦对不同海拔气候条件的反应,1978—1981年我们在云南巧家县的840米金沙江河谷地区和2150米的山区布置了试验,现将这两地在1980—1981年观察到的关于主茎叶片的某些特征和小麦产量的构成因素作一初步比较。

条件、材料和方法

供试冬小麦品种为"风麦13"和"反修",前者由大理州农科所提供,后者乃巧家县普通种植的品种。两地各挖一深0.5米、长2米、宽1.5米的塘,周边衬以塑料薄膜,用低地稻田土填充作栽培用。每平方米播15克种子(约合每亩20斤);低地(840米处)在80年10月25日播;高地(2150米处)在10月27日播,每个品种各占1.5平方米;其中0.5平方米为采样区,另1平方米作产量观察,均采用漫灌供水,整个生育期不施肥。

表1列出了小麦生育期中月平均气温和相对湿度。

八一年五月七日对地温实测结果,在15厘米深处, 840米处为29.7°C,2150米处为18.0°C,20厘米深处分别为28.9和17.0°C。光强度日变化见图1。

光合作用强度用北京分析仪器厂生产的QGD-07型农用红外线CO_2分析仪在原地13—14时测定,叶面积按(长×宽)1.2计算,单叶寿命以叶身完全伸出前叶的叶鞘起到

表1 两地月平均气温和相对湿度*

海拔	项目		一九八〇年 11月	一九八〇年 12月	一九八一年 1月	一九八一年 2月	一九八一年 3月	一九八一年 4月	一九八一年 5月
840米	气温(℃)	平均	18.0	13.2	13.4	17.1	21.3	—	—
		最高	25.2	19.0	20.7	24.6	29.8	—	—
		最低	13.2	9.4	8.4	11.4	15.3	—	—
2150米	气温(℃)	平均	12.2	7.7	9.3	11.6	12.9	16.0	18.6
		最高	20.2	17.5	18.2	19.9	23.8	—	—
		最低	3.0	-1.0	3.5	5.7	6.9	—	—
840米	相对湿度(%)		67.0	61.0	54.0	42.0	38.0	—	—
2150米	相对湿度(%)		45.2	49.0	41.3	39.2	39.7	42.0	—

* 840米的系巧家县气象站资料，2150米处系巧家县荞麦地气象哨资料。

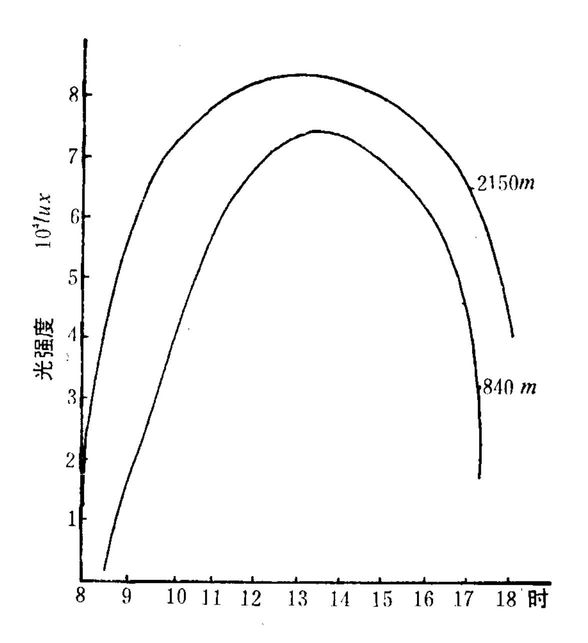


图1 不同海拔处光强度的日变化（840米为81年3月15日测，2150米为81年3月17日测）。

基本发黄止计日。

由于两个品种的反应基本一致，在此仅列出“凤麦13”的结果。

结 果 和 讨 论

1.叶片持续时间和叶面积

由图2可以看出高海拔处种植的“凤麦13”主茎叶片伸出时间比低海拔处的要晚，这种反应看来主要是高海拔处更低的气温造成的，因为低温延滞叶片的出现和生长[10]。低海拔处较高的温度则加速了这种过程。

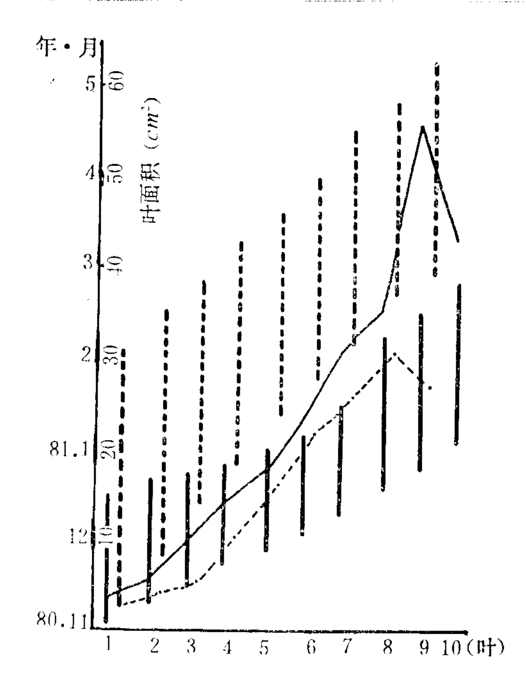


图 2　不同海拔处"凤麦13"主茎各叶片的持续期和面积。粗线表示叶片持续期，细线表示叶面积；实线代表840米的，虚线代表2150米的。

低海拔处种植的冬小麦叶片持续时间比高海拔处的短，亦即早衰。这与其在较高温度下生长的快，从而更快地被郁蔽有关。因为在840米处从其第一片叶完全伸出起34天内即长出七片叶子，进入分蘖末期即行封行，而2150米处达到分蘖末期却用了近三个月，而且由于高海拔处叶面积较小，在一生中也不象840米处那样完全封行，因而光照和通风条件比低海拔好。

高地冬小麦单叶面积比低地的小，低温[10]和氮肥有效性低[11]都会减小最终叶面积。虽然两地的土壤相同，但高地地温比低地低11°C左右，而土壤氮素水平也会因低的地温而下降[3]，就使得高地土壤的有效氮低于低地土壤的，这样看来高地小麦叶面积的下降，低温和少氮都起着作用。

2.单株总叶面积的变化

在图 3 中，我们比较了不同海拔种植的"凤麦13"主茎的总叶面积的变化，从图可以看出，在840米处种植的"凤麦13"，其主茎的总叶面积增加比2150米处种植的快，到拔节期达到最高值，而且比高地的大出70%左右，直到孕穗期仍然较大，但在灌浆期反而比高地低了三分之一强，而且在灌浆中期（收前20天左右）已丧失光合能力（图 4）。低地小麦单株总叶面积之所以较大，还由于它多出一片叶子（图 2）。两地前后期叶面积的上述差异，加上其光合作用强度的不同，对穗子大小和籽粒的充实产生了巨大的影响（见 4）。

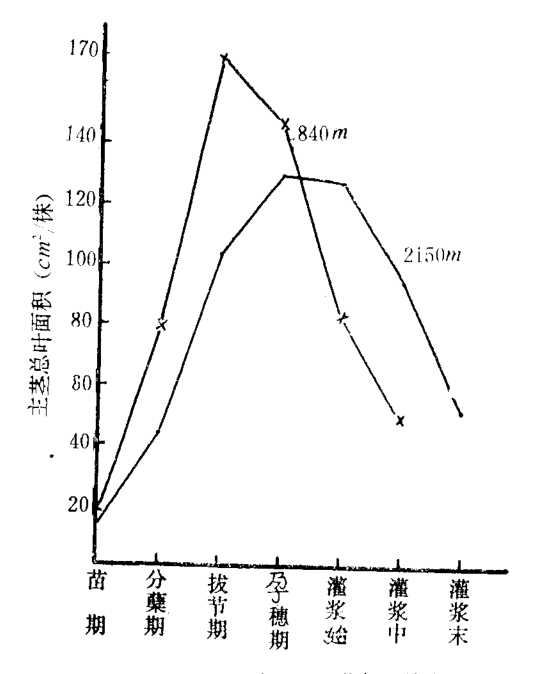


图 3　不同海拔处"凤麦13"主茎每株总叶面积。

3.表观光合作用强度

在图 4 中比较了两地小麦从分蘖期始到成熟期各生长发育期功能叶的表观光合作用强度，可以看出，在拔节前高地小麦的光合作用强度比低地的要低些，而且在整个生育期中，在拔节期有一个下降，这一点和高地小麦叶片叶绿素含量的下降一致，而光合高峰按到达时的生育期观察，高地（抽穗期）比低地的（扬花期）早些，而其绝对值则比低地的稍低一点。这样一来，高地小麦叶片

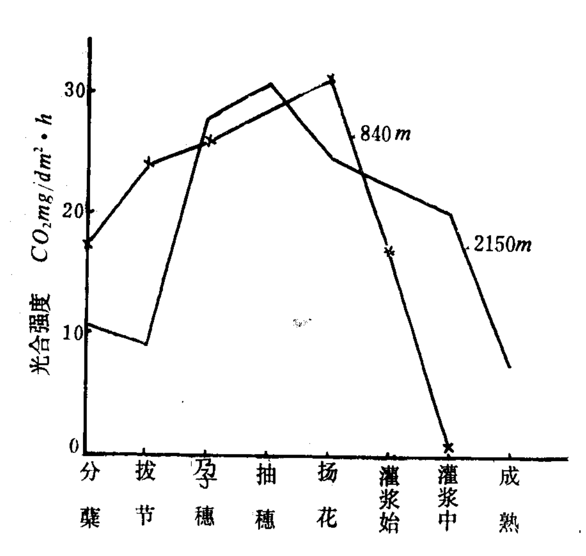


图4 不同海拔处“凤麦13”主茎叶片（最上部三叶）光合作用强度。

的光合作用强度从生育期来看，比低地的下降更早些，而按绝对日数算，高地小麦光合作用强度比低地的持续更长时间，扬花后，低地的小麦其叶片（旗叶）光合作用强度急剧下降，至灌浆中期即落到近补偿点，而高地小麦直到成熟期还具有明显的表观光合作用，这种现象和以前关于青藏高原小麦高产原因的分析[2,4,5]相一致。这种情形必然会影响后期籽粒的充实，使两地小麦的千粒重产生了很大差异。

4.产量构成因素和实际产量

产量构成因素和实际产量列于表2。

表2 不同海拔“凤麦13”产量构成因素及实际产量

海拔	项目			
	穗数/m^2	粒数/穗	千粒重(g)	实际产量(g/m^2)
840米	395	43.2	37.4	553.5
2150米	394	31.2	42.3	475.7

表2表明840米处种植的“凤麦13”每穗粒数比2150米处的高出27.7%；而千粒重低了13.4%；实际产量却高出14.0%。

在第2、3项中，我们曾指出高地种植的小麦在拔节前光合作用强度较低，每株的总叶面积直到孕穗都低于低地种植的小麦，我们认为这种情形可能对高地小麦的穗的大小产生不利影响，致使最终每穗粒数低于低地种植的，在灌浆期，则刚好相反，高地种植的小麦保留着更多的功能叶，而且表观光合作用强度也比低地种植的高，这必然提高它的千粒重。

从上述结果可以看出，由产量构成因素所反映的穗粒数和千粒重的差异，主要是由两地在“凤麦13”的穗形成和灌浆时期两地光合作用产量的不同造成的，光合作用产量的差异则由功能叶面积（图3）和光合作用的差异（图4）两者的差异决定。以前曾有人用遮光处理[6,7]和剪叶处理[8]观察过对穗发育和籽粒形成的影响，前期遮光或剪叶使小穗和小花数减少，或增加小花的退化、不孕，这与高地种植的小麦前期叶面积小和光合作用强度低的效果应是一致的，而后期遮光和剪叶都使籽粒重减少，则与低地小麦灌浆后叶面积和光合作用的急剧下降造成的千粒重低相仿。

另一方面，高地低温对小麦叶子的影响主要在于延滞其生长的速度[9]，但低的地温却使土壤的养分有效性降低[3]，特别是氮素有效性的下降会减小最终叶面积[11]，因此在我们的实验中虽用了相同的土壤，而且均不再加追肥，却使高地小麦的叶面积依然

小于低地的，我们觉得这种较小的叶面积加上较低光合作用强度造成了本实验中高地小麦最终较少的穗粒数，虽然其千粒重比低地高，而总产量仍然较低，因此我们认为高海拔地区一系列高产记录，虽表明了小麦在这类地区的生产潜力，要想实际得到高产，比低海拔地区需增加肥料用量，特别是增加前期氮肥用量，通过增加叶面积，从而增加光合作用的产量的途径得到大穗。因为高海拔地区在正常气候条件下，灌浆期的条件比低海拔地区有更有利于灌浆的生境，获得较高的千粒重比较可靠。当每穗粒数达到较高水平时易获高产。

参 考 文 献

〔1〕 夏镇澳、余叔文，1962：小麦丰产研究论文集。上海科技出版社。
〔2〕 路季梅、俞炳杲，1978：西藏高原麦类作物产量形成的特点。中国农业科学，4：25～31。
〔3〕 侯光炯，1981：谈谈土壤肥力的生物-热力学观点。云南农业科技，(1)：1～4。
〔4〕 黄庆榴、王祝华、黄卓辉、王怀智，1962：1960年青海德令哈农场春小麦高产原因的初步分析。载夏镇澳、余叔文（1962）编“小麦丰产研究论文集”，179～187。上海科技出版社。
〔5〕 程大志等，1979：柴达木盆地春小麦高额丰产形态生理指标的初步探讨。中国农业科学，5：29～39。
〔6〕 夏镇澳、王祝华，1964：光照强度和小麦籽粒形成的关系。作物学报，3：159～167。
〔7〕 戴云玲等，1965：遮光对冬小麦穗发育的影响。作物学报，4：135～146。
〔8〕 凌启鸿、朱庆森，1965：小麦各叶位对产量形成作用的研究（初报）。作物学报，4：219～233。
〔9〕 丁寿康，1979：选育亩产1500斤小麦品种途径的探讨。中国农业科学，3：8～16。
〔10〕 Freind et al., 1962: Leaf growth in Marguis wheat, as regulated by temperature, light intensity and daylength. Can. J. Bot., 40: 1299—1311.
〔11〕 Biscoe P. V. and Gallagher J. N., 1978: Agri. Prog. 53: 34—50.

RESPONSE OF WINTER WHEAT ON THE CLIMATE AT DIFFERENT ALTITUDE

I. COMPARISION OF LEAF CHARACTERISTICS AND YIELD COMPONENT

Li Cunxin, Zhang He, Lin Dehui and Ni Wen
(Kunming Institute of Botany, Academia Sinica)

Abstract

The present paper compared winter wheat (*Triticum sativum* L. c.v. "Fengmai-13") grown on the different altitude. The results showed, comparing wheat grown on higher altitude (2150 m) with that grown on lower altitude (840 m), that the former has a longer duration of leaves, a smaller area per leaf and total leaf area a plant; a lower intensity of photosynthesis during early stage, a higher intensity of photosynthesis during filling period, and little difference between both

stages; a heavier thousand-kernel-weight, and a lesser number of grains per head than the latter. On the other hand, the difference of yield component has been disscused in terms of photosynthesis-yield. We proposed, on the basis of the dis-scusion, an assumption that how increase in number of grains per head which wheat is grown on higher altitude.